



Tedavi edilen kalçada femur başı osteonekrozu ve redislokasyon: Neden olur, nasıl yönetilir?

Osteonecrosis of the femoral head and redislocation in the treated hip: Why does it happen and how is it managed?

Sadettin Çiftci¹, Hakan Şenaran²

¹Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, Konya

²Bezmîâlem Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Ana Bilim Dalı, İstanbul

Gelişimsel kalça displazisi (GKD), hafif displaziden kalça çıkığına kadar değişen kalça eklemi anomalilerini ifade eder. Bin canlı doğumda 1 ile 34 oranında görülen GKD'nin erken teşhisi önemlidir. Tedavi, kalça eklemi ve kemiklerinin doğru büyümesini sağlamak için yapılır. Erken tedavi genellikle Pavlik bandaj ile başlarken daha ileri aylarda ya da Pavlik bandajıyla tedavinin başarısız olduğu durumlarda kapalı veya açık redüksiyon, pelvipedal alçı gerekebilir. Bu işlemlerin her birinin ortak komplikasyonu ise farklı prosedürlerde farklı oranlarda karşılaşılmakla birlikte, osteonekroz (ON) ve redislokasyon olarak bilinmektedir. Bu derleme, bu komplikasyonların nedenlerini ve tedavi yöntemlerini inceler.

Anahtar sözcükler: gelişimsel kalça displazisi; komplikasyon; osteonekroz; redislokasyon

Developmental dysplasia of the hip (DDH) encompasses a spectrum of hip joint abnormalities ranging from mild dysplasia to complete dislocation. Occurring in approximately 1 to 34 out of 1.000 live births, the early diagnosis of DDH is crucial. Treatment aims to ensure the correct growth and development of the hip joint and bones. Early intervention typically begins with the Pavlik harness, while more advanced cases, or those unresponsive to the harness, may require closed or open reduction followed by spica casting. A common complication across these procedures, encountered at varying rates depending on the specific intervention, is known as osteonecrosis and redislocation. This review delves into the causes and treatment modalities for these complications.

Key words: developmental dysplasia of the hip; complication; osteonecrosis; redislocation

Gelişimsel kalça displazisi (GKD), kalça eklemi hafif displazisinden kalça çıkığına kadar değişen bir kalça eklemi anomalileri yelpazesini içerir. Gelişimsel kalça displazisinin görülme sıklığı tanı yöntemine ve başvuru zamanına bağlıdır, ancak mevcut çalışmalar GKD'nin 1.000 canlı doğumda 1 ile 34 arasında görüldüğünü göstermektedir.^[1,2] Erken teşhis, tedavinin başarısı için çok önemlidir. İskelet olgunlaştıkça, 8-12. haftalara kadar, instabil yenidoğan kalçalarının %80'inden fazlası doğal olarak stabilize olacaktır.^[1,3,4] Tedavi hem asetabulumun hem de proksimal femurun normal büyümesini ve gelişimini kolaylaştırmak için konsantrik olarak redükte edilmiş bir femur başı elde etmeyi amaçlar, öncelikle hastanın yaşına ve displazinin ciddiyetine dayanır. Erken tedavi, daha büyük

çocuklarda Pavlik bandajı veya rijit abduksiyon korsesi kullanımıyla başlar.^[5] Bandajın başarısız olduğu veya daha büyük yaşta başvuran hastalarda, kapalı veya açık redüksiyon ve ardından pelvipedal alçı endikedir. Kalıcı displazisi olan vakalarda pelvik osteotomi gerekebilir ve bazı vakalarda açık kalça redüksiyonuyla eş zamanlı olarak yapılabilir.^[6]

Literatürde değişen oranlarda bildirilen osteonekroz (ON), GKD tedavisinin en yaygın komplikasyonu olmaya devam etmektedir. Histolojik çalışmalar ON veya avasküler nekroz (AVN) varlığını doğrulamadığından, Weinstein ve ark. bu hastalarda gözlenen radyografik değişiklikleri tanımlamak için proksimal femoral büyüme bozukluğu (PFBB) teriminin kullanılmasını önermişlerdir.^[7]

İletişim / Contact: Doç. Dr. Sadettin Çiftci • E-posta / E-mail: dr.sadettinciftci@gmail.com

ORCID iD: Sadettin Çiftci, 0000-0003-3249-3420 • Hakan Şenaran, 0000-0001-5662-7329

Geliş / Received: 27 Temmuz 2023 • **Revizyon / Revised:** 9 Kasım 2023, 13 Aralık 2023, 5 Şubat 2024 • **Kabul / Accepted:** 6 Şubat 2024

Redüksiyon başarısızlığı veya redislokasyon başka bir komplikasyondur. Açık redüksiyon yeterli redüksiyonu sağlamada büyük ölçüde başarılı olsa da redislokasyon da dâhil olmak üzere başarısızlık meydana gelebilir ve gelmektedir. Literatürde, daha popüler olan anterolateral kalça yaklaşımı için %0 ile %8 oranında redislokasyon veya ilk redüksiyonun sağlanamaması oranları bildirilmektedir.^[8,9] Revizyon cerrahisi yüksek oranda sertlik, rezidüel displazi, AVN ile ilişkili olduğundan, bu başarısızlıklar zorlu bir klinik sorun olmaya devam etmektedir.^[8-12]

Bu derlemede, GKD'nin açık ve kapalı redüksiyonundan sonra görülen iki önemli komplikasyon olan AVN ve redislokasyonun nedenleri ve tedavisi tartışılmaktadır.

AVASKÜLER NEKROZ

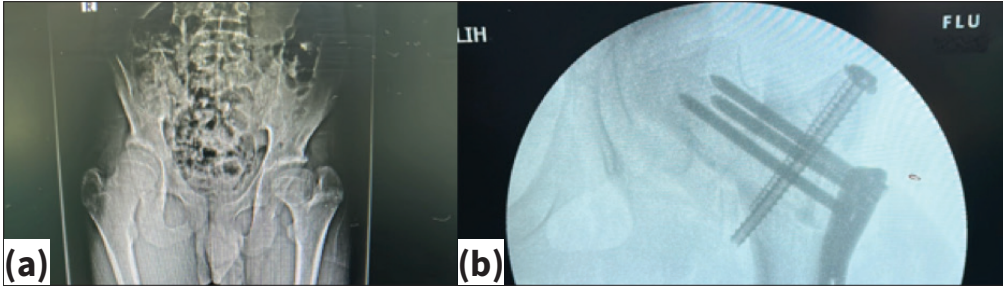
Gelişimsel kalça displazisi tedavisinin en yaygın ve ciddi komplikasyonu femur başı ON'dir. Osteonekroz, epifiz kan akışının bozulmasını, eklem yüzeyinin çöküşünü ve kalçada rezidüel deformiteyi ifade eder.^[13,14] Osteonekrozun kalça redüksiyonunu takiben asetabular gelişimi etkilediği, kötü uzun dönem klinik, işlevsel ve radyografik sonuçlarla ilişkili olduğu bilinmektedir.^[15-20]

Osteonekroz, Pavlik tedavisi, kapalı redüksiyon ve açık redüksiyon sonrasında meydana gelebilir. Neyi (Pavlik, kapalı ya da açık redüksiyon) takiben oluşturduğu fark etmeksizin, ON ile ilişkilendirilmiş risk faktörleri olmasına rağmen, kesin bir sebep bilinmemektedir ve multifaktöriyel olarak ifade edilmektedir.^[21-24] Pavlik tedavisi sonrasında ON oranının %16'ya kadar olabileceği bildirilmektedir. Pavlik tedavisi sonrasında ON'nin en net risk faktörü de tedavinin uygulandığı yaş olarak düşünülmektedir.^[25-28] Literatürde genel kabul görmüş yaş sınırı Pavlik tedavisi için altı aydır.^[28]

Kapalı redüksiyon sonrası ON oranlarıyla ilgili farklı literatür bilgilerine rastlanabilir. Bradley ve ark. tarafından GKD için kapalı redüksiyon sonrası ON oranını değerlendiren bir meta-analiz gerçekleştirilmiştir. Beş yüz otuz sekiz kalçayı kapsayan yedi makale çalışmaya dâhil edilmiştir. Kapalı redüksiyon sonrası genel ON oranı %10 ve ortalama takip süresi 7,6 yıl olarak bulunmuştur.^[29] Sankar ve ark. *International Hip Dysplasia Institute* (IHDI) çalışma grubundaki çeşitli merkezlerden ortalama sekiz aylıkken kapalı redüksiyon uygulanan 87 kalçayı rapor etmişlerdir. Kısa süreli 22 aylık takipte genel ON oranını %25 olarak bulmuşlardır.^[30] Weinstein ve ark. ise, olgularında proksimal femurun büyüme bozukluğunu değerlendirmede kullanılan Salter kriterlerini kullanmışlar ve %60 oranında ON saptamışlardır.^[31] Ponseti ve ark. %20 oranında ciddi AVN ile birlikte %90 üzerinde iyi fonksiyonel sonuçlar bildirmişlerdir.^[32]

Daha önceki çalışmalarda kapalı redüksiyon sonrası AVN'nin çeşitli olası risk faktörleri arasında yaş, cinsiyet, latans, proksimal femoral ossifik nükleus yokluğu, redüksiyon öncesi traksiyon kullanımı, kalça abdüksiyon desteği öncesi/geçmiş, addüktör tenotomi ve alçıda kalça abdüksiyon açısı sayılmıştır.^[15,21,33-40] Literatürde hangi faktörün gerçekten bir risk faktörü olduğuna dair net bir veri yoktur. Örneğin, Brougham ve ark.'nın makalesinde yaş, cinsiyet, kalça abdüktör breysi kullanım öyküsü, lateralite ve addüktör tenotomi uygulamasının AVN riski üzerinde etkili olmadığı belirtilirken, Sibinski ve ark. tedavinin uygulandığı yaşın AVN üzerinde bir risk faktörü olduğunu belirtmişlerdir. Benzer şekilde Pavlik bandaj tedavisine cevap vermeyen vakalarda üç aydan önce yapılan erken redüksiyonun düşük AVN riskiyle ilişkili olduğu bildirilmektedir.^[34,41,42] Benzer şekilde breys kullanım öyküsü, lateralite ve traksiyon öyküsünün risk üzerine etkisinin olmadığı belirtilmiştir. Ayrıca femur başı ossifik nükleusun yokluğunda AVN riski üzerine anlamlı bir etkisi olmadığı belirtilmiştir. Öte yandan, Carney ve ark. ossifik nükleus varlığının ve addüktör tenotomi uygulamasının AVN riskini azalttığını bildirmişlerdir.^[34,42,43] Mathew ve ark. ise erkek cinsiyet, redüksiyon öncesi traksiyon uygulaması ve altı aydan küçük çocuklarda 50^o'yi aşan abdüksiyonun AVN açısından risk oluşturduğunu belirtmişlerdir.^[40] Chen ve ark. yayımladıkları meta-analizde ossifik nükleus varlığının düşük ON riskiyle bir ilişkisi olmadığını, alçılama geciktirmenin belirli riskler nedeniyle önerilemeyeceğini belirtmişlerdir.^[44]

Açık redüksiyon sonrası osteonekrozda literatürde farklı nedenlerle ilişkilendirilmekle birlikte kesin nedeni bilinmemektedir (Şekil 1). Açık redüksiyon sonrası ON ile ilişkilendirilmek üzere literatürde en çok irdelenen konulardan biri yaş olarak karşımıza çıkmaktadır. Bazı çalışmalarda açık redüksiyon için artmış yaşın risk faktörü olduğu belirtirse de bazı çalışmalarda da anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.^[45-50] Eduardo ve ark.'nın meta-analizinde 12 ay sınır olarak belirlenmiş olup literatürdeki çalışmalar incelenmiştir. *Odds* oranı açısından 12 ay öncesi ve sonrasında uygulanan prosedürler arasında ON açısından anlamlı farklılık bulunmamıştır. Benzer şekilde bir diğer konu ossifik nükleus varlığıdır.^[19] Daha önce de bahsedildiği üzere Chen ve ark. açık ya da kapalı redüksiyon fark etmeksizin tedavi yaşında ossifik nükleus varlığıyla ON arasında anlamlı bir ilişki saptamamışlardır.^[44] Daha güncel olarak değerlendirilen bir diğer potansiyel risk faktörü de cerrahi yaklaşımdır. Bazı yazarlar medial açık redüksiyon esnasında yaralanması muhtemel olarak görülen medial femoral sirkümfleks arter nedeniyle ON riskinin arttığını düşünse de bu durum birçok yazar tarafından tartışılmalı olarak görülmekte ve medial açık redüksiyonla ON arasında anlamlı ilişki olmadığı savunulmaktadır.



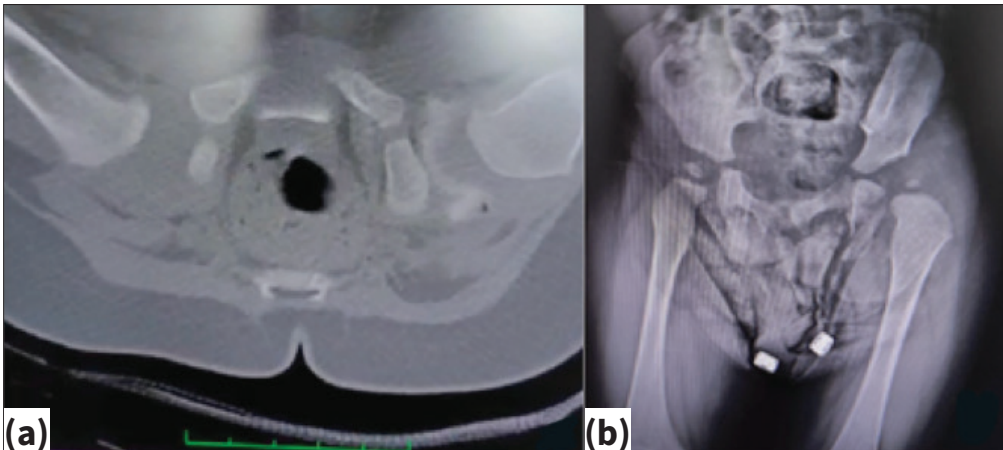
Şekil 1. Gelişimsel sol kalça eklemi displazisi tedavisi sonrasında femur başında AVN gelişmiş ve büyüme dönemi sonunda kısa bir boyun, ancak sferik femur başı (a) ve kalça abdüktör zayıflığı gelişen hastayla Morcher's osteotomisi ile tedavi edilmiş hastanın floroskopi görüntüsü (b).

Dahası medial femoral sirkümfleks arterdeki bir hasarın ON'ye sebep olup olmadığı hâlâ net değildir.^[19,51-54] Eduardo ve ark. tarafından yapılan meta-analizde de bu durum belirtilmiş ve ON riskiyle cerrahi yaklaşım arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.^[19]

REDİSLOKASYON

Tedavi edilmiş kalçalarda sık rastlanan bir diğer problemde redislokasyondur (Şekil 2). Redislokasyon kendi başına can sıkıcı bir komplikasyon olmakla birlikte rekürren operasyonlar kalça ekleminde sertlik ve artmış AVN riskiyle ilişkilendirildiğinden, sebep olabileceği komplikasyonlar açısından da bir ortopedi ve travmatoloji hekimi için zorlayıcı olabilir. Literatürde gelişimsel kalça çıkığı sonrası dislokasyon nedenlerine dair birçok çalışma olmasına rağmen AVN'ye benzer şekilde bir netlik bulunmamaktadır. En başta Pavlik bandajıyla tedavi edilmiş çocuklarda en sık bildirilen başarısızlık sebebi uygun olmayan uygulamadır. En sık olarak yetersiz fleksiyon suçlanmaktadır. Aile uyumsuzluğu ayrıca Pavlik başarısızlığının bir diğer nedeni olarak sayılmaktadır.^[55] Gelişimsel kalça displazisinin tedavisinde ilk amaç redüksiyonu sağlamak ve devam ettirmektir. Pavlik bandaj ile

meydana gelen başarısızlıkların çoğunluğu redüksiyonun sağlanamaması ya da devam ettirilememesi nedeniyledir.^[28,55] Pavlik bandaj ile tedavi edilen hastalarda en sık suçlanan başarısızlık nedeni de ON ile benzer şekilde yaş olarak belirtilmektedir.^[28] Anestezi altında açık ya da kapalı redüksiyon sonrasında redislokasyonun en sık söz edilen sebepleri arasında yetersiz açılım, yetersiz inferior kapsül ve transvers asetabular ligaman gevşetilmesi, alçı immobilizasyonunda problem, aşırı femoral anteversiyon ve retroversiyon gibi nedenler sayılabilmektedir. Literatürde spesifik olarak kapalı redüksiyon sonrası erken dönem sonuçlarını araştıran prospektif bir çalışmada %9 redislokasyonla karşılaşıldığı belirtilmiştir. Aynı çalışmada %25 AVN bildirilmiştir.^[30] Bu çalışmada uzun süreli immobilizasyon ve redüksiyon yaşının büyük olması sonradan ek girişimler için prediktif olarak saptansa da redislokasyon için anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür. Aynı yazarın açık redüksiyon sonrası başarısızlık nedenlerini araştırdığı bir diğer makalesinde büyük pelvik genişlik (tedavi yaşında daha ileri maturiteyle ilişkili olduğu düşünülmüş), sağ kalça etkilenimi ya da bilateral olması ve pelvipedal alçıda daha az abdüksiyon derecesi redislokasyonla ilişkilendirilmiştir. Ayrıca bazı vakalarda



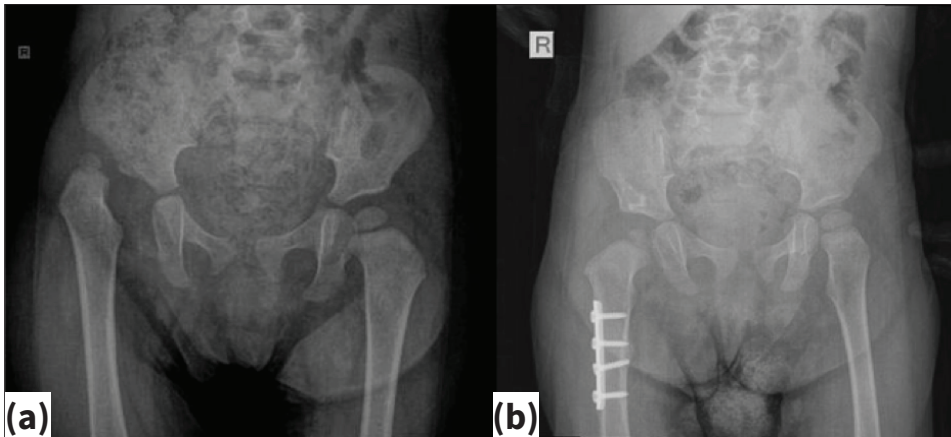
Şekil 2. Gelişimsel sol kalça displazisi nedeniyle artrografi ve kapalı redüksiyon uygulanmış olan hastada ameliyat sonrası bilgisayarlı tomografi görüntülerinde iyi bir redüksiyon görülmesine (a) rağmen takiplerde gelişen sol kalça redislokasyon nedeniyle tekrar operasyon planlanan hastanın her iki kalça ön-arka grafisi (b).

femur başının displastik olması ve femoral versiyonun yeterince düzeltilmemesi de redislokasyondan sorumlu faktörler olarak düşünülmüştür.^[12] Kershaw ve ark.'nın 32 vakalılık serisinde ilk redüksiyon esnasında femoral ya da pelvik osteotomi uygulanmış olması, yetersiz inferior kapsül gevşetilmesi ve yetersiz kapsülorafı başarısızlığın temel nedenleri olarak düşünülmüştür.^[8,12] Sonuç olarak belirtmek gerekir ki tedavi edilmiş kalçada başarısızlık ya da erken dislokasyon sıklıkla yetersiz yumuşak doku gevşetilmesiyle ilişkilendirilmektedir.

SAĞALTIM

Osteonekroz ve redislokasyon tedavi edilmiş kalçalarda karşılaşılabilen major iki komplikasyon olarak literatürde bildirilmektedir. Her iki komplikasyon yönetiminde de temel amaç konsantrik redükte, sferik bir baş elde etmektir.^[56] Güncel literatürde de AVN'yi geri dönüştürecek bir uygulama yoktur. Ancak ileri yaşta ameliyat edilmiş çocuklarda redüksiyon sonrasında femur başında meydana gelen basınç da AVN ile ilişkilendirildiğinden bu basıncı azaltmaya yönelik bir uygulama femur kısaltmadır.^[57,58] Özellikle 12 ay sonrasında açık redüksiyon yapılacağı zaman ameliyat öncesi traksiyonu AVN riskini azaltmaya, redüksiyonu kolaylaştırmaya yönelik uygulayan yazarlar mevcuttur.^[28,53,59-61] Diğer yandan zor kalçalarda daha erken yaşlarda bile AVN riskini azaltmaya yönelik femur kısaltma öneren yazarlar da bulunmaktadır. Kısaltma miktarı osteotomi sonrasında kalça rahatça redükteyken femur proksimali ile distalinin süperpoze olma miktarı kadar önerilmektedir. Çoğu vakada 1 santimetre (cm) kadar olduğu bildirilmiştir.^[58] Avasküler nekroz meydana geldikten sonra ise geri döndürmeye yönelik bir müdahale bulunmamaktadır. Bundan sonraki süreçte femur başını asetabulum içinde tutarak konsantrik redükte mümkün olduğu kadar sferik bir baş elde etmek temel amaç hâline gelmektedir.

Redislokasyonda ise sağaltım ilk prosedüre göre değişiklik göstermektedir. Kabaca hep bir adım ileri olarak düşünülebilir.^[62] Yani Pavlik bandaj tedavisi sonrasında redükte olmamış ya da redisloke olmuş bir kalçada öncelik kapalı redüksiyondur. Kapalı redüksiyon sonrasında ise öncelik açık redüksiyon olup beraberinde femoral kısaltma ve derotasyon osteotomisi intraoperatif ihtiyaca göre akılda tutulmalıdır. Uygun olmayan versiyon açık redüksiyon sonrası erken başarısızlıkla ilişkilendirilmiştir.^[12] Femoral kısaltma sadece AVN'den korumaya yönelik bir uygulama olmayıp aynı zamanda redüksiyon güvenliğini de arttıracaktır.^[63] Stabil bir kalça elde etmek yapılacak cerrahinin temel amacıdır. Dolayısıyla stabiliteye karar vermek ve gerektiğinde müdahale edebilecek ekipmana sahip olmak özellikle revizyon cerrahisinde oldukça önemlidir. İlk 18 ayda pelvik osteotomi önerilmemektedir.^[6,64-66] Dolayısıyla bu yaş öncesinde yapılacak müdahalelerde stabiliteyi sağlamaya yönelik yapılacak yumuşak doku gevşetmeleri, kapsülorafı dışında ek girişim femoral kısaltma ve derotasyon olarak görülmektedir. Femoral kısaltma ve/veya derotasyon ne zaman gerekir sorusunun ise literatürde net bir cevabı yoktur. Birçok yazar intraoperatif bulgulara göre hareket etmektedir. Yani redüksiyon sonrası ciddi bir yumuşak doku gerginliği ya da yetersiz güvenlik aralığı femoral kısaltma endikasyonu olarak düşünülmektedir. Bununla birlikte pelvis yüksekliğinin üçte birinden daha fazla dislokasyon miktarı, cerrahi yaşında 36 aydan büyük olması ve özellikle erkek çocuklarda femoral kısaltmanın bir ihtiyaç olduğu bildirilmektedir.^[63,67] Bazı yazarlar femoral versiyonun değerlendirilmesini çok önemli bulmakta hatta ameliyat öncesi (preoperatif) manyetik rezonans (MR) incelemesini önermektedir.^[68] Bu amaçla literatürde farklı tarzda plak kullanımları mevcuttur. Özellikle 12 aydan küçük bebeklerde bazen tübüler plak bile çok büyük olabileceği için planlamanın iyi yapılabileceği gerekirse infantil plak ile hazırlıklı girilmesi uygun olacaktır. Bazı yazarlar mandibula plağı da tercih etmektedir.^[58,63,67] Derlemenin yazarlarının öncelikli tercihi tübüler plak olmaktadır (Şekil 3).^[58]



Şekil 3. Sağ kalça çıkığı olan hasta femoral kısaltma osteotomisiyle tedavi edilmiş ameliyat öncesi (a) ve ameliyat sonrası her iki kalça ön-arka grafileri (b).

SONUÇ

Gelişimsel kalça displazisi tedavisinde başarısızlık birçok nedene bağlı olarak ortaya çıkabilmektedir. Osteonekroz ve redislokasyon literatürde en çok araştırma konusu olan iki önemli komplikasyondur. Osteonekroz için literatürde spesifik bir tedavi bulunmakla birlikte, konsantrik redükte ve olabildiğince sferik bir baş elde etmek temel amaçtır. Redislokasyon ise karşılaşıldığı yaşa göre farklı tedaviler gerektirmektedir. Özellikle açık redüksiyon sonrasında redisloke olmuş kalçalarda femoral kısaltma ve versiyon düzeltme her zaman akılda bulundurulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Bialik V, Bialik GM, Blazer S, Sujov P, Wiener F, Berant M. Developmental dysplasia of the hip: a new approach to incidence. *Pediatrics* 1999;103(1):93-9. [Crossref](#)
- Pollet V, Percy V, Prior HJ. Relative risk and incidence for developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr* 2017;181:202-7. [Crossref](#)
- Schwend RM, Shaw BA, Segal LS. Evaluation and treatment of developmental hip dysplasia in the newborn and infant. *Pediatr Clin North Am* 2014;61(6):1095-107. [Crossref](#)
- Larson JE, Patel AR, Weatherford B, Janicki JA. Timing of Pavlik harness initiation: Can we wait? *J Pediatr Orthop* 2019;39(7):335-8. [Crossref](#)
- Schmitz MR, Murtha AS, Clohisey JC; ANCHOR Study Group. Developmental dysplasia of the hip in adolescents and young adults. *J Am Acad Orthop Surg* 2020;28(3):91-101. [Crossref](#)
- Lalonde FD, Frick SL, Wenger DR. Surgical correction of residual hip dysplasia in two pediatric age-groups. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84(7):1148-56. [Crossref](#)
- Weinstein SL, Dolan LA. Proximal femoral growth disturbance in developmental dysplasia of the hip: What do we know? *J Child Orthop* 2018;12(4):331-41. [Crossref](#)
- Kershaw CJ, Ware HE, Pattinson R, Fixsen JA. Revision of failed open reduction of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 1993;75(5):744-9. [Crossref](#)
- McCluskey WP, Bassett GS, Mora-Garcia G, MacEwen GD. Treatment of failed open reduction for congenital dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop* 1989;9(6):633-9. [Crossref](#)
- Kamath SU, Bennet GC. Re-dislocation following open reduction for developmental dysplasia of the hip. *Int Orthop* 2005;29(3):191-4. [Crossref](#)
- Hsieh SM, Huang SC. Treatment of developmental dysplasia of the hip after failed open reduction. *J Formos Med Assoc* 1998;97(11):763-9.
- Sankar WN, Young CR, Lin AG, Crow SA, Baldwin KD, Moseley CF. Risk factors for failure after open reduction for DDH: A matched cohort analysis. *J Pediatr Orthop* 2011;31(3):232-9. [Crossref](#)
- Kaushik AP, Das A, Cui Q. Osteonecrosis of the femoral head: An update in year 2012. *World J Orthop* 2012;3(5):49-57. [Crossref](#)
- Vitale MG, Skaggs DL. Developmental dysplasia of the hip from six months to four years of age. *J Am Acad Orthop Surg* 2001;9(6):401-11. [Crossref](#)
- Gage JR, Winter RB. Avascular necrosis of the capital femoral epiphysis as a complication of closed reduction of congenital dislocation of the hip. A critical review of twenty years' experience at Gillette Children's Hospital. *J Bone Joint Surg Am* 1972;54(2):373-88. [Crossref](#)
- Kalamchi A, MacEwen GD. Avascular necrosis following treatment of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1980;62(6):876-88. [Crossref](#)
- Roposch A, Liu LQ, Offiah AC, Wedge JH. Functional outcomes in children with osteonecrosis secondary to treatment of developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93(24):e145. [Crossref](#)
- Roposch A, Ridout D, Protopapa E, Nicolaou N, Gelfer Y. Osteonecrosis complicating developmental dysplasia of the hip compromises subsequent acetabular remodeling. *Clin Orthop Relat Res* 2013;471(7):2318-26. [Crossref](#)
- Novais EN, Hill MK, Carry PM, Heyn PC. Is age or surgical approach associated with osteonecrosis in patients with developmental dysplasia of the hip? A meta-analysis. *Clin Orthop Relat Res* 2016;474(5):1166-77. [Crossref](#)
- Weinstein SL. Congenital hip dislocation. Long-range problems, residual signs, and symptoms after successful treatment. *Clin Orthop Relat Res* 1992;(281):69-74. [Crossref](#)
- Salter RB, Kostuik J, Dallas S. Avascular necrosis of the femoral head as a complication of treatment for congenital dislocation of the hip in young children: A clinical and experimental investigation. *Can J Surg* 1969;12(1):44-61.
- Cooperman DR, Wallensten R, Stulberg SD. Post-reduction avascular necrosis in congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1980;62(2):247-58. [Crossref](#)
- Law EG, Heistad DD, Marcus ML, Mickelson MR. Effect of hip position on blood flow to the femur in puppies. *J Pediatr Orthop* 1982;2(2):133-7. [Crossref](#)
- Weiner DS, Hoyt WA Jr, O'dell HW. Congenital dislocation of the hip. The relationship of premanipulation traction and age to avascular necrosis of the femoral head. *J Bone Joint Surg Am* 1977;59(3):306-11. [Crossref](#)
- Suzuki S, Kashiwagi N, Kasahara Y, Seto Y, Futami T. Avascular necrosis and the Pavlik harness. The incidence of avascular necrosis in three types of congenital dislocation of the hip as classified by ultrasound. *J Bone Joint Surg Br* 1996;78(4):631-5. [Crossref](#)
- Suzuki S, Yamamuro T. Avascular necrosis in patients treated with the Pavlik harness for congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1990;72(7):1048-55. [Crossref](#)
- van de Sande MA, Melisie F. Successful Pavlik treatment in late-diagnosed developmental dysplasia of the hip. *Int Orthop* 2012;36(8):1661-8. [Crossref](#)
- Badrinath R, Orner C, Bomar JD, Upasani VV. Narrative review of complications following DDH treatment. *Indian J Orthop* 2021;55(6):1490-502. [Crossref](#)

29. Bradley CS, Perry DC, Wedge JH, Murnaghan ML, Kelley SP. Avascular necrosis following closed reduction for treatment of developmental dysplasia of the hip: A systematic review. *J Child Orthop* 2016;10(6):627-32. <https://doi.org/10.1007/s11832-016-0776-y> **Crossref**
30. Sankar WN, Gornitzky AL, Clarke NMP, Herrera-Soto JA, Kelley SP, Matheney T, et al. Closed reduction for developmental dysplasia of the hip: Early-term results from a prospective, multicenter cohort. *J Pediatr Orthop* 2019;39(3):111-8. **Crossref**
31. Malvitz TA, Weinstein SL. Closed reduction for congenital dysplasia of the hip. Functional and radiographic results after an average of thirty years. *J Bone Joint Surg Am* 1994;76(12):1777-92. **Crossref**
32. Ishii Y, Ponseti IV. Long-term results of closed reduction of complete congenital dislocation of the hip in children under one year of age. *Clin Orthop Relat Res* 1978;(137):167-74. **Crossref**
33. Fogarty EE, Accardo NJ Jr. Incidence of avascular necrosis of the femoral head in congenital hip dislocation related to the degree of abduction during preliminary traction. *J Pediatr Orthop* 1981;1(3):307-11. **Crossref**
34. Brougham DI, Broughton NS, Cole WG, Menelaus MB. Avascular necrosis following closed reduction of congenital dislocation of the hip. Review of influencing factors and long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Br* 1990;72(4):557-62. **Crossref**
35. Pospischill R, Weninger J, Ganger R, Altenhuber J, Grill F. Does open reduction of the developmental dislocated hip increase the risk of osteonecrosis? *Clin Orthop Relat Res* 2012;470(1):250-60. **Crossref**
36. Westin GW, Ilfeld FW, Provost J. Total avascular necrosis of the capital femoral epiphysis in congenital dislocated hips. *Clin Orthop Relat Res* 1976;(119):93-8. **Crossref**
37. Gregosiewicz A, Wośko I. Risk factors of avascular necrosis in the treatment of congenital dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop* 1988;8(1):17-9. **Crossref**
38. Clarke NM, Jowett AJ, Parker L. The surgical treatment of established congenital dislocation of the hip: Results of surgery after planned delayed intervention following the appearance of the capital femoral ossific nucleus. *J Pediatr Orthop* 2005;25(4):434-9. **Crossref**
39. Segal LS, Boal DK, Borthwick L, Clark MW, Localio AR, Schwentker EP. Avascular necrosis after treatment of DDH: The protective influence of the ossific nucleus. *J Pediatr Orthop* 1999;19(2):177-84. **Crossref**
40. Schur MD, Lee C, Arkader A, Catalano A, Choi PD. Risk factors for avascular necrosis after closed reduction for developmental dysplasia of the hip. *J Child Orthop* 2016;10(3):185-92. **Crossref**
41. Senaran H, Bowen JR, Harcke HT. Avascular necrosis rate in early reduction after failed Pavlik harness treatment of developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop* 2007;27(2):192-7. **Crossref**
42. Sibiński M, Synder M, Domzalski M, Grzegorzewski A. Risk factors for avascular necrosis after closed hip reduction in developmental dysplasia of the hip. *Ortop Traumatol Rehabil* 2004;6(1):60-6.
43. Carney BT, Clark D, Minter CL. Is the absence of the ossific nucleus prognostic for avascular necrosis after closed reduction of developmental dysplasia of the hip? *J Surg Orthop Adv* 2004;13(1):24-9.
44. Chen C, Doyle S, Green D, Blanco J, Scher D, Sink E, et al. Presence of the ossific nucleus and risk of osteonecrosis in the treatment of developmental dysplasia of the hip: A meta-analysis of cohort and case-control studies. *J Bone Joint Surg Am* 2017;99(9):760-7. **Crossref**
45. Konigsberg DE, Karol LA, Colby S, O'Brien S. Results of medial open reduction of the hip in infants with developmental dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop* 2003;23(1):1-9. **Crossref**
46. Mankey MG, Arntz GT, Staheli LT. Open reduction through a medial approach for congenital dislocation of the hip. A critical review of the Ludloff approach in sixty-six hips. *J Bone Joint Surg Am* 1993;75(9):1334-45. **Crossref**
47. Morcuende JA, Meyer MD, Dolan LA, Weinstein SL. Long-term outcome after open reduction through an anteromedial approach for congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79(6):810-7. **Crossref**
48. Altay M, Demirkale I, Şentürk F, Fırat A, Kapıcıoğlu S. Results of medial open reduction of developmental dysplasia of the hip with regard to walking age. *J Pediatr Orthop B* 2013;22(1):36-41. **Crossref**
49. Firth GB, Robertson AJ, Schepers A, Fatti L. Developmental dysplasia of the hip: Open reduction as a risk factor for substantial osteonecrosis. *Clin Orthop Relat Res* 2010;468(9):2485-94. **Crossref**
50. Zamzam MM, Khoshhal KI, Abak AA, Bakarman KA, AlSiddiky AM, AlZain KO, et al. One-stage bilateral open reduction through a medial approach in developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br* 2009;91(1):113-8. **Crossref**
51. Kalamchi A, Schmidt TL, MacEwen GD. Congenital dislocation of the hip. Open reduction by the medial approach. *Clin Orthop Relat Res* 1982;(169):127-32. **Crossref**
52. Fisher EH 3rd, Beck PA, Hoffer MM. Necrosis of the capital femoral epiphysis and medial approaches to the hip in piglets. *J Orthop Res* 1991;9(2):203-8. **Crossref**
53. Kahle WK, Anderson MB, Alpert J, Stevens PM, Coleman SS. The value of preliminary traction in the treatment of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1990;72(7):1043-7. **Crossref**
54. Ağuş H, Ömeroğlu H, Uçar H, Biçimoğlu A, Türmer Y. Evaluation of the risk factors of avascular necrosis of the femoral head in developmental dysplasia of the hip in infants younger than 18 months of age. *J Pediatr Orthop B* 2002;11(1):41-6. **Crossref**
55. Mubarak S, Garfin S, Vance R, McKinnon B, Sutherland D. Pitfalls in the use of the Pavlik harness for treatment of congenital dysplasia, subluxation, and dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63(8):1239-48. **Crossref**
56. Lyons David K, Meghan K. Urban, Joseph A. Janicki. *Developmental Dysplasia of the Hip (DDH). Orthopaedics for the Newborn and Young Child: A Practical Clinical Guide.* Cham: Springer International Publishing, 2023. 89-102. **Crossref**

57. Köse M, Topal M, Yılar S, Engin MÇ, Yıldırım ÖS, Zeynel A. A retrospective analysis of the effects of femoral shortening osteotomy on clinical and radiologic outcomes in open reduction and Pemberton pericapsular osteotomy for Tonnis type 4 dysplasia of the hip. *J Surg Med* 2023;7(3):225-8. [Crossref](#)
58. Wenger DR, Lee CS, Kolman B. Derotational femoral shortening for developmental dislocation of the hip: Special indications and results in the child younger than 2 years. *J Pediatr Orthop* 1995;15(6):768-79. [Crossref](#)
59. Park KB, Vaidya VN, Shin H, Kwak YH. Prereduction traction for the prevention of avascular necrosis before closed reduction for developmental dysplasia of the hip: a meta-analysis. *Ther Clin Risk Manag* 2018;14:1253-60. [Crossref](#)
60. Sucato DJ, De La Rocha A, Lau K, Ramo BA. Overhead Bryant's traction does not improve the success of closed reduction or limit AVN in developmental dysplasia of the hip. *J Pediatr Orthop* 2017;37(2):e108-e113. [Crossref](#)
61. Yamada N, Maeda S, Fujii G, Kita A, Funayama K, Kokubun S. Closed reduction of developmental dislocation of the hip by prolonged traction. *J Bone Joint Surg Br* 2003;85(8):1173-7. [Crossref](#)
62. Scott EJ, Dolan LA, Weinstein SL. Closed vs. open reduction/ salter innominate osteotomy for developmental hip dislocation after age 18 months: Comparative survival at 45-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 2020;102(15):1351-7. [Crossref](#)
63. Sankar WN, Tang EY, Moseley CF. Predictors of the need for femoral shortening osteotomy during open treatment of developmental dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop* 2009;29(8):868-71. [Crossref](#)
64. Salter RB. Innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip. *J Bone Joint Surg* 1961;43(3):518-39. [Crossref](#)
65. Salter RB, Dubos JP. The first fifteen year's personal experience with innominate osteotomy in the treatment of congenital dislocation and subluxation of the hip. *Clin Orthop Relat Res* 1974;(98):72-103. [Crossref](#)
66. Lindstrom JR, Ponseti IV, Wenger DR. Acetabular development after reduction in congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg Am* 1979;61(1):112-8. [Crossref](#)
67. Alassaf N. Predictors of femoral shortening for pediatric developmental hip dysplasia surgery: an observational study in 435 patients. *Patient Saf Surg* 2018;12:29. [Crossref](#)
68. Mootha AK, Saini R, Dhillon M, Aggarwal S, Wardak E, Kumar V. Do we need femoral derotation osteotomy in DDH of early walking age group? A clinico-radiological correlation study. *Arch Orthop Trauma Surg* 2010;130(7):853-8. [Crossref](#)